

# PATENT ABSTRACTS OF JAPAN

(11)Publication number : 2003-273441

(43)Date of publication of application : 26.09.2003

(51)Int.Cl.

H01S 5/024

H01L 23/373

H01L 23/473

H01S 5/022

(21)Application number : 2002-072731

(71)Applicant : HAMAMATSU PHOTONICS KK

(22)Date of filing : 15.03.2002

(72)Inventor : MIYAJIMA HIROBUMI

SUGA HIROBUMI

NAGURA MINORU

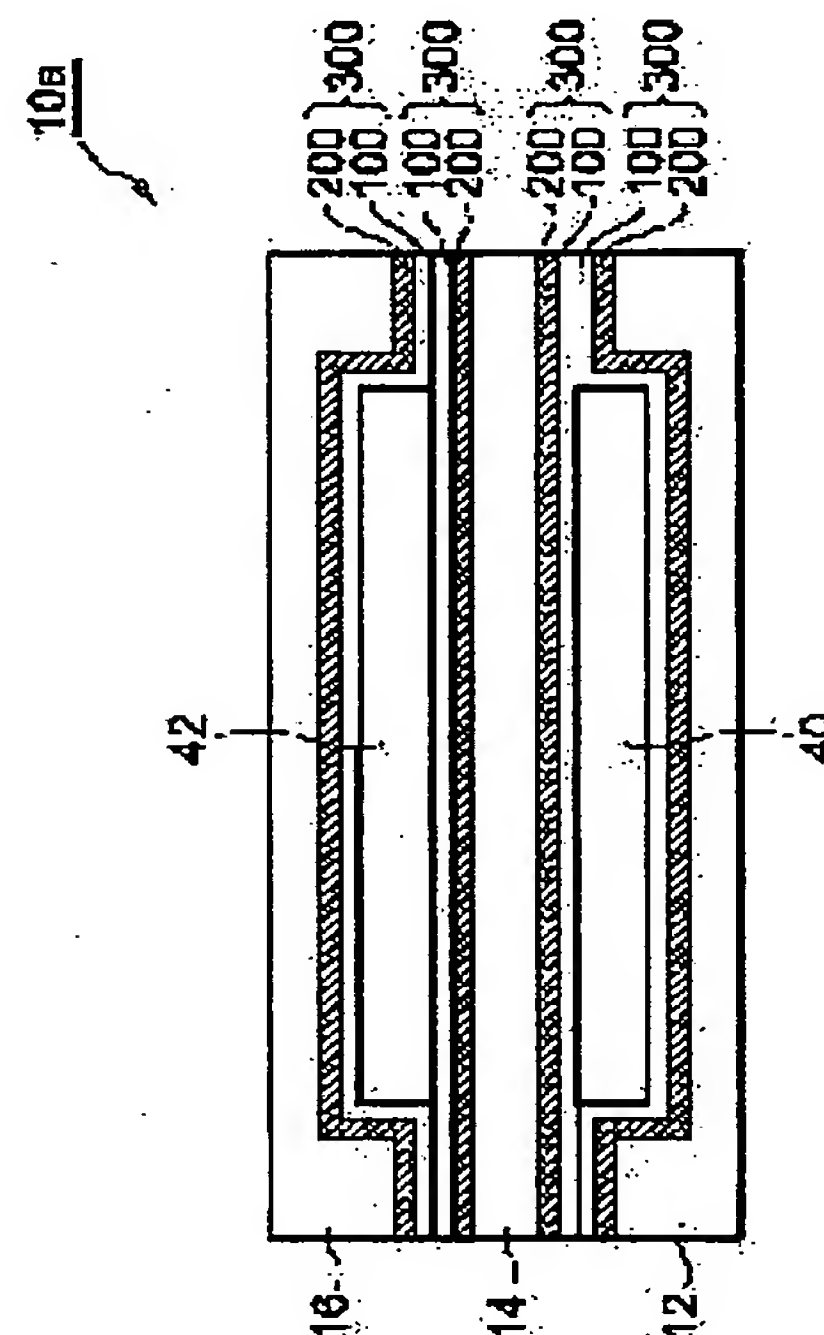
UENO NOBUYUKI

## (54) HEAT SINK, AND SEMICONDUCTOR LASER DEVICE AND SEMICONDUCTOR LASER STACK DEVICE USING IT

### (57)Abstract:

**PROBLEM TO BE SOLVED:** To provide a heat sink of long life that stably cools a heating element to be cooled even after used over a long period, and a semiconductor laser device and a semiconductor laser stack device using it.

**SOLUTION:** A heat sink 10a is constituted of a first flat-plate-like member 12 having a groove on the top surface thereof, a second flat-plate-like member 16 having a groove on the bottom surface thereof, and a partition plate 14 placed between the top surface of the member 12 and the bottom surface of the member 16. In the sink 10a, a cooling channel comprising an inflow channel 40 through which cooling water for cooling the heating element placed in the specified region of the outer wall surface of the member 12 is supplied, and an outflow channel 42 through which the cooling water is made to flow out is formed. On the inner wall surface of the cooling channel, a contact preventing layer 300 that prevents the surface from getting contact with a fluid is formed. The preventing layer 300 comprises a first layer 100 that gets contact with the fluid and a second layer 200 placed between the layer 100 and the inner wall surface. The layer 100 is composed of Au, an Au alloy, Ag or an Ag alloy as a main component, and the layer 200 is composed of Ni, Mo, W or Ti as a main component.



## LEGAL STATUS

[Date of request for examination]

04.10.2004

[Date of sending the examiner's decision of rejection]

[Kind of final disposal of application other than the examiner's decision of rejection or application converted registration]

[Date of final disposal for application]

[Patent number]

[Date of registration]

[Number of appeal against examiner's decision of rejection]

[Date of requesting appeal against examiner's decision of rejection]

[Date of extinction of right]

Copyright (C); 1998,2003 Japan Patent Office



## 【特許請求の範囲】

【請求項1】 略直方体状の銅製部材の内部に形成されており、前記部材の外部から水を含む流体を流入させる流入口と、該流体を前記部材の外部に流出させる流出口とを有する少なくとも1本の流体流路を有しており、前記部材の外壁面の所定領域に熱的接触を保つ状態で配置される冷却すべき発熱体と前記少なくとも1本の流体流路内を流通する前記流体との間で熱交換をさせることにより前記発熱体を冷却するヒートシンクであって、

前記流体が流通する前記流体流路の内壁面には、該内壁面を被覆して該内壁面と前記流体との接触を防止する膜状の接触防止層が形成されており、

前記接触防止層は、前記流体に接触する第1の層と、該第1の層と前記内壁面との間に配置される第2の層とを有しており、

前記第1の層がAu、Au合金、Ag又はAg合金を主成分として構成されており、

前記第2の層がNi、Mo、W又はTiを主成分として構成されていること、を特徴とするヒートシンク。

【請求項2】 前記Au合金が、AuとGeとの合金、又は、AuとZnとの合金であり、

前記Ag合金が、AgとGeとの合金、AgとNiとの合金、又は、AgとMnとの合金であること、を特徴とする請求項1に記載のヒートシンク。

【請求項3】 前記第1の層がAu又はAu合金を主成分として構成されており、

前記第2の層がNiを主成分として構成されており、

前記Au合金が、AuとGeとの合金、又は、AuとZnとの合金であること、を特徴とする請求項1に記載のヒートシンク。

【請求項4】 前記銅製部材は、

上面に第1の溝部が形成された第1の平板状部材と、

下面に第2の溝部が形成された第2の平板状部材と、

前記第1の平板状部材の前記上面と前記第2の平板状部材の前記下面との間に配置される仕切り板と、から構成されており、

前記仕切り板には、該仕切り板の下面及び前記第1の溝部により画成される第1の空間と、該仕切り板の上面及び前記第2の溝部により画成される第2の空間とを連通する少なくとも1つの孔が形成され、前記第1の空間、前記第2の空間及び前記孔により前記流体流路が構成されており、

前記流体流路の前記流入口は、前記第1の空間を画成する第1の平板状部材又は前記仕切り板に設けられており、

前記流体流路の前記流出口は、前記第2の空間を画成する第2の平板状部材又は前記仕切り板に設けられていること、を特徴とする請求項1～3の何れかに記載のヒートシンク。

【請求項5】 請求項4に記載のヒートシンクと、

前記ヒートシンクの前記第2の平板状部材の上面に載置された半導体レーザとを備えることを特徴とする半導体レーザ装置。

【請求項6】 前記半導体レーザは、複数のレーザ出射点を有しており、

前記複数のレーザ出射点は、前記第2の平板状部材の上面に略垂直な同一平面上であり、かつ、該平面と前記第2の平板状部材の上面との交線に略平行な直線上にそれぞれ配列されていること、を特徴とする請求項5に記載の半導体レーザ装置。

【請求項7】 第1のヒートシンクと、第2のヒートシンクと、第1の半導体レーザと、第2の半導体レーザとを備え、

前記第1のヒートシンク及び第2のヒートシンクは、それぞれ請求項4に記載のヒートシンクであり、

前記第1の半導体レーザは、前記第1のヒートシンクの前記第2の平板状部材の上面と、前記第2のヒートシンクの前記第1の平板状部材の下面との間に配置されており、

前記第2の半導体レーザは、前記第2のヒートシンクの前記第2の平板状部材の上面に載置されていること、を特徴とする半導体レーザスタック装置。

【請求項8】 前記第1の半導体レーザ及び第2の半導体レーザのそれぞれは、複数のレーザ出射点を有しており、

前記複数のレーザ出射点は、前記第1のヒートシンクの前記第2の平板状部材の上面に略垂直な同一平面上であり、かつ、該平面と前記第1のヒートシンクの前記第2の平板状部材の上面との交線に略平行な直線上にそれぞれ配列されていること、を特徴とする請求項7に記載の半導体レーザスタック装置。

【請求項9】 前記第1のヒートシンクの前記流入口と前記第2のヒートシンクの前記流入口との双方に接続された供給管と、

前記第1のヒートシンクの前記流出口と前記第2のヒートシンクの前記流出口との双方に接続された排出管と、を更に備えたこと、を特徴とする請求項7又は8に記載の半導体レーザスタック装置。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】 本発明は、本発明は、半導体デバイス等の発熱体の放熱に用いられるヒートシンク並びにこれを用いた半導体レーザ装置及び半導体レーザスタック装置に関する。

【0002】

【従来の技術】 半導体デバイス等の多量の熱を発生する発熱体の冷却に用いられるヒートシンクとして、例えば、WO00/11717号公報に開示されているような、複数の銅製の平板状部材を組み合わせることにより形成した冷却水路を有し、該冷却水路内に冷却水を還流さ



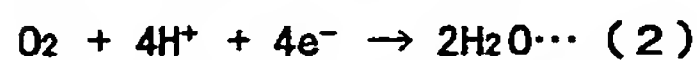
せる構成有するヒートシンクが知られている。

【0003】上記ヒートシンクの冷却水路は、加圧された冷却水が供給される供給水路と、冷却水を排出する排出水路と、供給水路に供給された冷却水を排出水路内に噴出させる噴出孔とを備えて構成される。上記噴出孔から高圧で噴出された冷却水は、噴出孔の真上にあたる冷却水路の上部に載置された発熱体と熱交換して該発熱体を冷却する。

【0004】

【発明が解決しようとする課題】しかしながら、上記公報に記載されたヒートシンクに代表される従来のヒートシンクにおいては、以下に示す冷却水路の腐食を十分に防止することができず、長期にわたり冷却すべき発熱体を効率よくかつ安定的に冷却することができないという問題があった。

【0005】すなわち、ヒートシンクの冷却水路内を流通する冷却水は、空気中の二酸化炭素の溶解により定常的にpHが7未満となっており、このような酸性の条件の下では、下記式(1)及び(2)で表される銅の酸化反応と、溶存酸素の還元反応等の反応が進行して、冷却水路の内壁面の腐食が進行してしまう。腐食が進行すると水漏れや漏電によるショート等の問題が発生する。



【0006】例えば、半導体レーザー素子が一次的に多数配列した構成を有する半導体レーザーアレイを複数積層してスタック構造とし、高出力化を図る場合には、複数のヒートシンクが積層された各半導体レーザーアレイの間にそれぞれ挿入されるようにして配置される。

【0007】この場合、各ヒートシンクは各半導体レーザーアレイの冷却を行うだけでなく、各半導体レーザーアレイの間で電気的導通路の役割も果たすため、各半導体レーザーアレイの作動中にはヒートシンクにも電界が印加されるので、上記のような腐食反応はよりいっそう進行することになる。更に、この場合、冷却水路の腐食により生成した $\text{Cu}^{2+}$ イオンやその他の金属イオンが不純物として冷却水中に存在すると、電界の印加によりこれらが冷却水路の内壁面に金属として析出し、水路の目詰まりを起す場合もある。

【0008】冷却水と空気との接触を完全に防止することは困難であるため、上記の問題に対して、例えば、特開平5-121611号公報には、Ni又はSbからなるめっき膜を形成することにより冷却水路の腐食の防止を意図したヒートシンクが提案されている。しかし、本発明者らは、特開平5-121611号公報に記載のヒートシンクであっても、長期にわたって使用した場合に、Niの酸化又はSbの酸化反応と上記の式(2)の酸素還元反応等が進行してNi又はSbからなるめっき膜の腐食が進行し、冷却水路の腐食を十分に防止することができないことを見出した。

【0009】本発明は、上記従来技術の有する課題に鑑みてなされたものであり、長期にわたり使用しても冷却すべき発熱体を安定的に冷却することのできる長寿命のヒートシンク並びにこれを用いた半導体レーザー装置及び半導体レーザースタック装置を提供することを目的とする。

【0010】

【課題を解決するための手段】本発明者らは、上記目的を達成すべく鋭意研究を重ねた結果、ヒートシンクの冷却水路の内壁面に、比較的大きな正の値の標準酸化還元電位を有しておりかつ式(2)で表される酸素還元反応に対する比較的大きな過電圧を有する特定の金属を主成分とする膜をコーティングすることで、酸性の冷却水を使用した場合であっても、上記の腐食反応の進行を十分に抑制できることを見出した。

【0011】更に、本発明者らは、単に上記の金属の膜をコーティングするだけでは、ヒートシンクを製造する際の熱処理を施される際や高温の発熱源の冷却に用いられる際に、この膜を構成する金属原子が水路の内壁面(Cu表面)からCuバルク中に熱拡散し、膜が消失してしまうことを見出した。そして、本発明者らは、これについて検討し、特定の金属を主成分とする別の膜を、水路の内壁面と上述の大きな正の値の標準酸化還元電位を有する特定の金属を主成分とする膜との間に更に配置することにより、上記の熱拡散を十分に防止できることを見出し、本発明に到達した。

【0012】すなわち、本発明は、略直方体状の銅製部材の内部に形成されており、部材の外部から水を含む流体を流入させる流入口と、該流体を部材の外部に流出させる流出口とを有する少なくとも1本の流体流路を有しており、部材の外壁面の所定領域に熱的接触を保つ状態で配置される冷却すべき発熱体と少なくとも1本の流体流路内を流通する流体との間で熱交換をさせることにより発熱体を冷却するヒートシンクであって、流体が流通する流体流路の内壁面には、該内壁面を被覆して該内壁面と流体との接触を防止する膜状の接触防止層が形成されており、接触防止層は、流体に接触する第1の層と、該第1の層と内壁面との間に配置される第2の層とを有しており、第1の層がAu、Au合金、Ag又はAg合金を主成分として構成されており、第2の層がNi、Mo、W又はTiを主成分として構成されていること、を特徴とするヒートシンクを提供する。

【0013】ここで、本発明において、第1の層及び第2の層が「Xを主成分として構成されている」とは、各層中のXの含有率が30原子%以上であることを示す。なお、「X」は、Au、Au合金、Ag、Ag合金、Ni、Mo、W又はTiを示す。

【0014】上記の接触防止層の第1の層は、酸性の水等の液中においても酸化されにくいAu、Au合金、Ag又はAg合金を主成分とするので十分に流体流路の内

壁面の腐食を防止することができる。また、流体流路の内壁面と第1の層との間に第2の層を配置することにより、ヒートシンクの製造時や作動時に高温の雰囲気下に置かれても、第1の層を構成する金属元素が流体流路の内部（Cuバルク）への熱拡散を十分に防止することができる。

【0015】これは、第2の層は、高温の雰囲気下に置かれても主成分となる金属原子が流体流路の内部へ熱拡散せずに膜状の形状を保持することができ、然も、この第2の層に対して第1の層の主成分となる金属原子の熱

拡散が十分に防止されるためであると考えられる。従って、本発明のヒートシンクによれば、長期にわたり使用しても冷却すべき発熱体を安定的に冷却することができる。

【0016】また、例えば、多くの場合、ヒートシンクは流体流路を画成するための溝などを形成した複数の銅製の部材を組み合わせることで接合することにより製造される。その接合の手法としては部材を高温状態で直接はり合せて接合（拡散接合）する。その他の接合の手法としては、接着剤による接合、半田接合、ネジ止めによる接合

があるが、ヒートシンクを上述の導体レーザアレイスタック装置の冷却に用いる場合、接着剤による接合では十分な導電性を得ることができないという欠点があり、半田接合では半田厚を均等に制御することが困難で、半田厚のばらつきがあると電流が複数の半導体レーザアレイのうちの特定のアレイに集中してしまうという欠点があり、ネジ止めによる接合の場合にはヒートシンクの小型化に限界があるという欠点があった。

【0017】これに対し、本発明のヒートシンクによれば、上記の拡散接合の手法を採用しながら、耐腐食の極めて高い流体流路を構成することができる。また、上記の拡散接合の手法を採用することができるため、本発明のヒートシンクは小型化を図ることも容易にできる。

【0018】また、本発明は、上述の本発明のヒートシンクと、ヒートシンクの第2の平板状部材の上面に載置された半導体レーザとを備えることを特徴とする半導体レーザ装置を提供する。このように、上述の長寿命の本発明のヒートシンクを備えた半導体レーザ装置半導体レーザアレイの冷却効率の変動を十分に防止できるので、長期にわたり安定した出力を得ることができる。また、

上述のヒートシンクを用いることで、半導体レーザ装置の小型化が可能となる。

【0019】また、本発明は、第1のヒートシンクと、第2のヒートシンクと、第1の半導体レーザと、第2の半導体レーザとを備え、第1のヒートシンク及び第2のヒートシンクは、それぞれ上述の本発明のヒートシンクであり、第1の半導体レーザは、第1のヒートシンクの第2の平板状部材の上面と、第2のヒートシンクの第1の平板状部材の下面との間に配置されており、第2の半導体レーザは、第2のヒートシンクの第2の平板状部材

の上面に載置されていること、を特徴とする半導体レーザスタック装置を提供する。

【0020】このように、上述の長寿命の本発明のヒートシンクを備えた半導体レーザスタック装置は、半導体レーザアレイの冷却効率の変動を十分に防止できるので、長期にわたり安定した出力を得ることができる。また、上述のヒートシンクを用いることで、半導体レーザスタック装置の小型化が可能となる。

【0021】

【発明の実施の形態】以下、図面を参照して本発明の好適な実施形態について詳細に説明する。なお、図中同一又は相当部分には同一符号を付することとする。

【0022】図1は、本発明の半導体レーザスタック装置の好適な一実施形態の基本構成を示す斜視図である。まず、本実施形態に係る半導体レーザスタック装置の構成について説明する。本実施形態にかかる半導体レーザスタック装置1は、図1に示すように、3つの半導体レーザ2a～2c、2つの銅板3a及び3b、2つのリード板4a及び4b、供給管5、排出管6、4つの絶縁部材7a～7d、及び、3つのヒートシンク10a～10cを備えて構成される。

【0023】以下、各構成要素について説明する。尚、説明の便宜上、図1のz軸正方向を上、z軸負方向を下として説明する。

【0024】半導体レーザ2a～2cは、所定方向（y軸方向）に配列された複数のレーザ出射点を有する。半導体レーザ2aは、ヒートシンク10aの上面（後述の上側平板部材16の上面。以下同じ。）とヒートシンク10bの下面（後述の下側平板部材12の下面。以下同じ。）との間に配置され、半導体レーザ2bは、ヒートシンク10bの上面とヒートシンク10cの下面との間に配置され、半導体レーザ2cは、ヒートシンク10cの上面に載置されている。

【0025】ここで、各半導体レーザ2a～2cの複数のレーザ出射点は、ヒートシンク10a～10cの上側平板部材16の上面に略垂直な同一平面上であり、かつ、該平面とヒートシンク10a～10cの上側平板部材16の上面との交線に略平行な直線上にそれぞれ配列されている。また、半導体レーザ2a～2cそれぞれの複数のレーザ出射点を含む出射面と、ヒートシンク10a～10cのそれぞれが有する一つの側面とは、略同一平面上に配置されている。

【0026】半導体レーザ2aの下面は、銅板3aを介してリード板4aに電氣的に接続されているとともに、半導体レーザ2cの上面は、銅板3bを介してリード板4bに電氣的に接続されている。ここで、リード板4aとリード板4bとの間に電圧を印加することで、半導体レーザ2a～2cからレーザ光を出力させることが可能となる。

【0027】供給管5、排出管6のそれぞれは、ヒート



シンク10a~10cを貫通して設けられている。より詳細には、供給管5は、ヒートシンク10a~10cそれぞれに形成された流入口44（詳細は後述）と接続されており、排出管6は、ヒートシンク10a~10cそれぞれに形成された流出口46（詳細は後述）と接続されている。従って、供給管5からヒートシンク10a~10cに対して、冷却水などの流体を供給することが可能となり、また、ヒートシンク10a~10cから排出管6に対して上記冷却水を流出させることが可能となる。

【0028】ヒートシンク10aの下面側、ヒートシンク10aの上面とヒートシンク10bの下面との間隙、ヒートシンク10bの上面とヒートシンク10cの下面との間隙、ヒートシンク10cの上面側それぞれには、供給管5及び排出管6を囲むように、ゴム製の絶縁部材7a, 7b, 7c, 7dが設けられている。絶縁部材7a~7dは、各ヒートシンク間の絶縁を確保するとともに、冷却水の漏洩を防止する役割を果たす。

【0029】次に、ヒートシンク10a~10cについて説明する。なお、ヒートシンク10a~10cそれぞれは同一の構成を有するため、以下、ヒートシンク10aについてのみ説明する。

【0030】図2は、図1に示す半導体レーザスタック装置1に搭載されるヒートシンク10aの基本構成を示す分解斜視図である。また、図3は、図2に示すヒートシンク10aを上方（図1のZ軸方向）から見た場合の正面透視図である。更に、図4は、図2のIV-IV線に沿って見た場合のヒートシンク10aの内部の基本構成を示す断面図である。また、図5は、図2のV-V線に沿って見た場合のヒートシンク10aの内部の基本構成を示す断面図である。更に、図6は、図2のVI-VI線に沿って見た場合のヒートシンク10aの内部の基本構成を示す断面図である。

【0031】ヒートシンク10は、図2に示すように、下側平板部材12（第1の平板部材）、中間平板部材14（仕切り板）、上側平板部材16（第2の平板部材）を順次積層し、接触面を拡散接合法を用いて接合して形成されている。

【0032】下側平板部材12は約400 $\mu$ m程度の厚さを有する銅製の平板で、2つの貫通口18, 20を有している。下側平板部材12の上面（中間平板部材14と接触する面）側には、深さが約200 $\mu$ mの流入水路用溝部22（第1の溝部）が形成されている。流入水路用溝部22は、一方の端部側が上記貫通口18につながっており、他方の端部側は下側平板部材12の幅方向

（図1のy軸方向）に拡がっている。また、流入水路用溝部22は、ヒートシンク10a内を流れる冷却水の流動抵抗を小さくし、よどみを少なくするため、隅部22aが曲面形状となっている。ここで、流入水路用溝部22は、下側平板部材12の上面をエッチングすること

によって形成されている。

【0033】上側平板部材16も約400 $\mu$ m程度の厚さを有する銅製の平板で、下側平板部材12の貫通口18, 20それぞれに対応する位置に、2つの貫通口26, 28を有している。上側平板部材16の下面（中間平板部材14と接触する面）側には、深さが約200 $\mu$ mの流出水路用溝部30（第2の溝部）が形成されている。流出水路用溝部30は、一方の端部側が上記貫通口28につながっており、他方の端部側は上側平板部材16の幅方向に拡がっている。ここで、流出水路用溝部30の少なくとも一部は、下側平板部材12に形成された流入水路用溝部22と重なる部分（図2の斜線部）に形成されている。また、流出水路用溝部30は、ヒートシンク10a内を流れる冷却水の流動抵抗を小さくし、よどみを少なくするため、隅部30aが曲面形状となっている。ここで、流出水路用溝部30は、上側平板部材16の下面をエッチングすることによって形成されている。

【0034】中間平板部材14は、100 $\mu$ m程度の厚さを有する銅製の平板で、下側平板部材12の貫通口18, 20それぞれに対応する位置に、2つの貫通口34, 36を有している。また、下側平板部材12に形成された流入水路用溝部22と上側平板部材16に形成された流出水路用溝部30との重なる部分には、複数の導水孔38が形成されている。ここで、導水孔38は、中間平板部材14を両面からエッチングすることによって形成されている。

【0035】ここで、特に、上側平板部材16の上面は、冷却すべき発熱体である半導体レーザ2aが搭載される半導体レーザ搭載領域R2aを有しており、複数の導水孔38は、当該半導体レーザ搭載領域R2aに対向する位置に設けられている。すなわち、半導体レーザ2aがほぼ直方体形状を有しているため、半導体レーザ搭載領域R2aは長方形形状となり、複数の導水孔38は、かかる長方形形状の長手方向（図1のy軸方向）に対して一列に配列して形成されている。

【0036】下側平板部材12の上面と中間平板部材14の下面、中間平板部材14の上面と上側平板部材16の下面とを接合することにより、図3~図6に示す如く、下側平板部材12に形成された流入水路用溝部22と中間平板部材14の下面とによって、冷却水が供給される流入水路40（第1の空間）が画成され、同様に上側平板部材16に形成された流出水路用溝部30と中間平板部材14の上面とによって、冷却水を流出させる流出水路42（第2の空間）が画成される。

【0037】下側平板部材12に形成された貫通口18、中間平板部材14に形成された貫通口34、上側平板部材16に形成された貫通口26は連結されて、流入水路40に冷却水を供給するための流入口44を形成し、下側平板部材12に形成された貫通口20、中間平

板部材14に形成された貫通口36、上側平板部材16に形成された貫通口28は連結されて、流出水路42から冷却水を流出させる流出口46を形成する。

【0038】そして、図3～図6に示すように、流入水路40（第1の空間）、流出水路42（第2の空間）及び導水孔38により冷却水路（流体流路）が構成されている。また、この冷却水路は、上述の流入口44及び流出口46を有している。ここで、上記導水孔38は、流入水路40に供給された冷却水を流出水路42に噴出させるために後述の流入水路40の断面積よりも十分小さい断面積を有している。

【0039】また、図4～図6に示すように、このヒートシンク10aにおいては、流入水路40、流出水路42及び導水孔38からなる冷却水路に内壁面（流入口44及び流出口46の内壁面も含む）には、該内壁面を被覆して該内壁面と流体との接触を防止する膜状の接触防止層300が形成されている。

【0040】この接触防止層300は、冷却水に接触する第1の層100と、該第1の層100と冷却水路の内壁面との間に配置される第2の層200とを有している。第1の層100はAu、Au合金、Ag又はAg合金を主成分として構成されており、第2の層200はNi、Mo、W又はTiを主成分として構成されている。

【0041】第1の層100の主成分となるAu合金は、AuとGeとの合金、又は、AuとZnとの合金であることが好ましい。また、第1の層100の主成分となるAg合金は、AgとGeとの合金、AgとNiとの合金、又は、AgとMnとの合金であることが好ましい。

【0042】上記の接触防止層の第1の層100は、酸性の水等の液中においても酸化されにくい金属を主成分とするので十分に冷却水路の内壁面の腐食を防止することができる。また、冷却水路の内壁面と第1の層100との間に第2の層200を配置することにより、ヒートシンク10aの製造時や作動時に高温の雰囲気下に置かれても、第1の層100を構成する金属元素の原子の冷却水路の内壁面への熱拡散を十分に防止することができる。

【0043】例えば、第2の層200をNiからなる層とした場合、電気抵抗率は約 $6.9 \times 10^{-8} \Omega \cdot m$ 、熱伝導率は約 $88 W/m \cdot K$ となり、十分な導電性と熱伝導を得ることができる。また、厚さを $1.0 \sim 7.0 \mu m$ とした場合に銅製の冷却水路の内壁面に対する優れた密着性を得ることができる。なお、この場合に厚さが $7.0 \mu m$ を超えると、銅製の冷却水路の内壁面から剥がれ易くなる傾向が大きくなり、厚さが $1.0 \mu m$ 未満となると、第1の層100の主成分となる金属の原子の銅製の冷却水路の内壁面への拡散防止効果が十分に得られなくなる傾向が大きくなる。

【0044】例えば、第2の層200をMoからなる層

とした場合、電気抵抗率は約 $5.7 \times 10^{-8} \Omega \cdot m$ と、熱伝導率は約 $142 W/m \cdot K$ となり、十分な導電性と熱伝導を得ることができる。また、厚さを $0.5 \sim 2.0 \mu m$ とした場合に銅製の冷却水路の内壁面に対する優れた密着性を得ることができる。なお、この場合に厚さが $2.0 \mu m$ を超えると、銅製の冷却水路の内壁面から剥がれ易くなる傾向が大きくなり、厚さが $0.5 \mu m$ 未満となると、第1の層100の主成分となる金属の原子の銅製の冷却水路の内壁面への拡散防止効果が十分に得られなくなる傾向が大きくなる。

【0045】例えば、第2の層200をWからなる層とした場合、電気抵抗率は約 $5.4 \times 10^{-8} \Omega \cdot m$ 、熱伝導率は約 $167 W/m \cdot K$ となり、十分な導電性と熱伝導を得ることができる。また、厚さを $0.5 \sim 2.0 \mu m$ とした場合に銅製の冷却水路の内壁面に対する優れた密着性を得ることができる。なお、この場合に厚さが $2.0 \mu m$ を超えると、銅製の冷却水路の内壁面から剥がれ易くなる傾向が大きくなり、厚さが $0.5 \mu m$ 未満となると、第1の層100の主成分となる金属の原子の銅製の冷却水路の内壁面への拡散防止効果が十分に得られなくなる傾向が大きくなる。

【0046】例えば、第2の層200をTiからなる層とした場合、電気抵抗率は約 $54 \times 10^{-8} \Omega \cdot m$ 、熱伝導率は約 $16 W/m \cdot K$ となり、上記のNi、Mo、Wと比較すると導電性で劣るものの第2の層200として使用する場合の十分な導電性と熱伝導を得ることができる。また、厚さを $0.3 \sim 1.5 \mu m$ とした場合に銅製の冷却水路の内壁面に対する優れた密着性を得ることができる。なお、この場合に厚さが $1.5 \mu m$ を超えると、銅製の冷却水路の内壁面から剥がれ易くなる傾向が大きくなり、厚さが $0.3 \mu m$ 未満となると、第1の層100の主成分となる金属の原子の銅製の冷却水路の内壁面への拡散防止効果が十分に得られなくなる傾向が大きくなる。

【0047】例えば、第1の層100をAuからなる層とした場合、電気抵抗率は約 $2.3 \times 10^{-8} \Omega \cdot m$ 、熱伝導率は約 $293 W/m \cdot K$ となり、十分な導電性と熱伝導を得ることができる。また、この場合の厚さは銅の腐食反応を十分に防止できる厚さであれば、特に限定されず、成膜の容易性も考慮して適宜設定される。

【0048】例えば、第1の層100をAuとGeとの合金からなる層とした場合、電気抵抗率は約 $2.3 \times 10^{-8} \Omega \cdot m$ 、熱伝導率は約 $293 W/m \cdot K$ となり、十分な導電性と熱伝導を得ることができる。また、この場合の厚さも銅の腐食反応を十分に防止できる厚さであれば、特に限定されず、成膜の容易性も考慮して適宜設定される。

【0049】例えば、第1の層100をAuとZnとの合金からなる層とした場合、電気抵抗率は約 $2.3 \times 10^{-8} \Omega \cdot m$ 、熱伝導率は約 $293 W/m \cdot K$ となり、充



分な導電性と熱伝導を得ることができる。また、この場合の厚さも銅の腐食反応を十分に防止できる厚さであれば、特に限定されず、成膜の容易性も考慮して適宜設定される。

【0050】例えば、第1の層100をAgからなる層とした場合、電気抵抗率は約 $1.6 \times 10^{-8} \Omega \cdot m$ 、熱伝導率は約 $419 W/m \cdot K$ となり、十分な導電性と熱伝導を得ることができる。また、この場合の厚さも銅の腐食反応を十分に防止できる厚さであれば、特に限定されず、成膜の容易性も考慮して適宜設定される。

【0051】例えば、第1の層100をAgとGeとの合金からなる層とした場合、電気抵抗率は約 $1.6 \times 10^{-8} \Omega \cdot m$ 、熱伝導率は約 $419 W/m \cdot K$ となり、十分な導電性と熱伝導を得ることができる。また、この場合の厚さも銅の腐食反応を十分に防止できる厚さであれば、特に限定されず、成膜の容易性も考慮して適宜設定される。

【0052】例えば、第1の層100をAgとNiとの合金からなる層とした場合、電気抵抗率は約 $1.6 \times 10^{-8} \Omega \cdot m$ 、熱伝導率は約 $419 W/m \cdot K$ となり、十分な導電性と熱伝導を得ることができる。また、この場合の厚さも銅の腐食反応を十分に防止できる厚さであれば、特に限定されず、成膜の容易性も考慮して適宜設定される。

【0053】例えば、第1の層100をAgとMnとの合金からなる層とした場合、電気抵抗率は約 $1.6 \times 10^{-8} \Omega \cdot m$ 、熱伝導率は約 $419 W/m \cdot K$ となり、十分な導電性と熱伝導を得ることができる。また、この場合の厚さも銅の腐食反応を十分に防止できる厚さであれば、特に限定されず、成膜の容易性も考慮して適宜設定される。

【0054】以上説明した第1の層100と第2の層200との組み合わせとしては、酸性の冷却水が供給された場合の耐腐食性、電気抵抗率、熱伝導率、銅製の冷却水路との密着性、及び、成膜の容易さの観点から、第1の層100がAu又はAu合金を主成分として構成されており、第2の層200がNiを主成分として構成されることが好ましい。また、この組み合わせの場合、Au合金は、AuとGeとの合金、又は、AuとZnとの合金であることが好ましい。

【0055】第1の層100及び第2の層200を冷却水路の内壁面に形成する方法は、特に限定されず、電界メッキ法等のメッキ法や、スパッタ法、蒸着法（抵抗加熱法、電子ビーム法）等の公知の薄膜製造技術により形成することができる。例えば、上側平板部材16の下面（中間平板部材14の上面と対向する面）、中間平板部材14の両面（上側平板部材16の下面及び下側平板部材12の上面にそれぞれ対向する面）、及び、下側平板部材12の上面のそれぞれに上記の方法により第2の層200を形成し、次いで第1の層100を予め形成して

おき、下側平板部材12の上面と中間平板部材14の下面、中間平板部材14の上面と上側平板部材16の下面とを組み合わせで拡散接合することにより製造することができる。

【0056】半導体レーザスタック装置1は、下側平板部材12、中間平板部材14及び上側平板部材16という3つの平板部材によってヒートシンク10a~10cを構成している。従って、ヒートシンク10a~10cを極めて薄く構成することができ、その結果、半導体レーザスタック装置1を極めて小型に構成することができる。

【0057】また、ヒートシンク10a~10cは、流入水路用溝部22、流出水路用溝部30といった溝部の形成、及び、導水孔38といった孔の形成など、比較的簡単な公知の技術によって製造が可能となり、製造が比較的容易である。その結果、半導体レーザスタック装置1の製造が比較的容易となる。

【0058】また、本実施形態にかかる半導体レーザスタック装置1は、ヒートシンク10a~10cにおいて、導水孔38の形成位置を半導体レーザ搭載領域R2aに対向する中間平板部材14の位置に設けていることで、冷却すべき半導体レーザ2a~2cを効果的に冷却することが可能となる。その結果、半導体レーザ2a~2cから安定したレーザ光を出力することが可能となる。

【0059】また、本実施形態にかかる半導体レーザスタック装置1は、ヒートシンク10a~10cにおいて、複数の導水孔38を有している。その結果、半導体レーザ2a~2cを均一かつ広範囲に冷却することができる。その結果、空間的に均一なレーザ光を出力することが可能となる。

【0060】さらに、本実施形態にかかる半導体レーザスタック装置1は、ヒートシンク10a~10cの導水孔38が、流入水路40に供給された冷却水を流出水路42に噴出させるために十分小さい断面積を有している。従って、流出水路42の内壁における境界層を破ることができ、半導体レーザ2a~2cの冷却効率が増す。その結果、半導体レーザ2a~2cそれぞれからさらに安定したレーザ光を出力することが可能となる。

【0061】さらに、本実施形態にかかる半導体レーザスタック装置1は、ヒートシンク10a~10cそれぞれの流入口44に接続された一つの供給管5、及び、ヒートシンク10a~10cそれぞれの流出口46に接続された一つの排出管6とを備えることで、供給管5と流入口44とを接続する他の接続管、あるいは、排出管6と流出口46とを接続する他の接続管等が不要となり、より一層の小型化が図れる。

【0062】以上、本発明の好適な実施形態について詳細を説明したが、本発明は上記実施形態に限定されるものではない。

【0063】例えば、上側平板部材16の下面、中間平板部材14の両面、及び、下側平板部材12の上面のそれぞれに第2の層200を形成し、次いで第1の層100を形成した後、上側平板部材16の下面、中間平板部材14の両面、及び、下側平板部材12の上面のそれぞれの外縁部分にエッチングなどの表面処理を施して、該外縁部分の第1の層100及び第2の層200を除去して銅の表面を露出させ、この銅の露出面の部分で接合面として上側平板部材16、中間平板部材14、及び、下側平板部材12を接合し、図7に示す冷却水路を有するヒートシンク10Aを構成してもよい。

【0064】

【実施例】以下、実施例及び比較例に基づいて本発明をより具体的に説明するが、本発明は以下の実施例に限定されるものではない。

【0065】（実施例1）図2～図6に示したヒートシンク10aと同様の構成を有するヒートシンクを作製した。銅製の中間平板部材（12mm×20mm、厚さ：500μm）の下面、銅製の中間平板部材（12mm×20mm、厚さ：200μm）の両面、及び、銅製の下側平板部材（12mm×20mm、厚さ：500μm）の上面のそれぞれに形成した接触防止層の第1の層はAuからなる層（厚さ：2μm）とし、第2の層はNi層（厚さ：3μm）とした。

【0066】なお、第1の層及び第2の層はともに電解めっき法により作製した。また、第1の層及び第2の層をそれぞれ形成した上側平板部材、中間平板部材及び下側平板部材の接合は、これら平板部材を組み合わせ、約700℃程度の温度条件のもとで、上側平板部材の上面の側と下側平板部材の下面の側から加圧（約1MPa）し、拡散接合することにより行った。

【0067】このヒートシンク上に半導体レーザアレイを載置し、ヒートシンクの冷却水路にイオン交換水を還流させながら5000時間作動させた後、ヒートシンクを取り外して分解し、冷却水路の表面を研削することにより第1の層表面と、冷却水路の内壁面（銅のバルク表面）の状態を観察した。なお、この表面の状態の観察には、目視の他に、エネルギー分散型X線分析装置（EDX）（商品名：EMAX ENERGY EX-200、HORIBA社製）を用い、分析位置の組成分析とSEM写真を撮影することにより行った。目視でもEDXによる分析でも、第1の層表面の腐食は認められず、また、第1の層のAu原子の冷却水路の内壁面（銅のバルク表面）から内部への熱拡散も認められなかった。

【0068】（実施例2）上側平板部材の下面、中間平板部材の両面及び下側平板部材の上面のそれぞれに形成した接触防止層の第1の層をAgからなる層とした以外は、実施例1と同様の構成を有するヒートシンクを作製した。

【0069】そして、実施例1と同様に、このヒートシ

ンク上に半導体レーザアレイを載置し、ヒートシンクの冷却水路にイオン交換水を還流させながら5000時間作動させた後、ヒートシンクを取り外して分解し、冷却水路の表面を研削することにより第1の層表面と、冷却水路の内壁面（銅のバルク表面）の状態を観察した。なお、この場合、ヒートシンクの冷却水路に供給するイオン交換水は、硫化物イオンを十分に除去した。目視でもEDXによる分析でも、第1の層表面の腐食は認められず、また、第1の層のAg原子の冷却水路の内壁面（銅のバルク表面）から内部への熱拡散も認められなかった。

【0070】（比較例1）次に、接触防止層として、Auからなる層（厚さ：2μm）のみの層を形成した以外は、実施例1と同様の構成を有するヒートシンクを作製した。そして、実施例1と同様に、このヒートシンク上に半導体レーザアレイを載置し、ヒートシンクの冷却水路にイオン交換水を還流させながら5000時間作動させた後、ヒートシンクを取り外して分解し、冷却水路の表面を研削することにより第1の層表面と、冷却水路の内壁面（銅のバルク表面）の状態を観察した。目視でもEDXによる分析でも、第1の層のAu原子が冷却水路内部へ熱拡散し消滅していることが確認され、その結果露出した冷却水路の表面も腐食が進行していた。

【0071】

【発明の効果】以上説明したように、本発明のヒートシンクによれば、長期にわたり使用しても冷却すべき発熱体を安定的に冷却することができる。そして、この長寿命のヒートシンクを備えた半導体レーザ装置及び半導体レーザスタック装置は、半導体レーザアレイの冷却効率の変動を十分に防止できるので、長期にわたり安定した出力を得ることができる。

【図面の簡単な説明】

【図1】本発明の半導体レーザスタック装置の好適な一実施形態の基本構成を示す斜視図である。

【図2】図1に示す半導体レーザスタック装置に搭載されるヒートシンクの基本構成を示す分解斜視図である。

【図3】図2に示すヒートシンクを上方（図1のZ軸方向）から見た場合の正面透視図である。

【図4】図2のIV-IV線に沿ってみた場合のヒートシンクの内部の基本構成を示す断面図である。

【図5】図2のV-V線に沿ってみた場合のヒートシンクの内部の基本構成を示す断面図である。

【図6】図2のVI-VI線に沿ってみた場合のヒートシンクの内部の基本構成を示す断面図である。

【図7】本発明のヒートシンクの他の実施形態をの基本構成を示す断面図である。

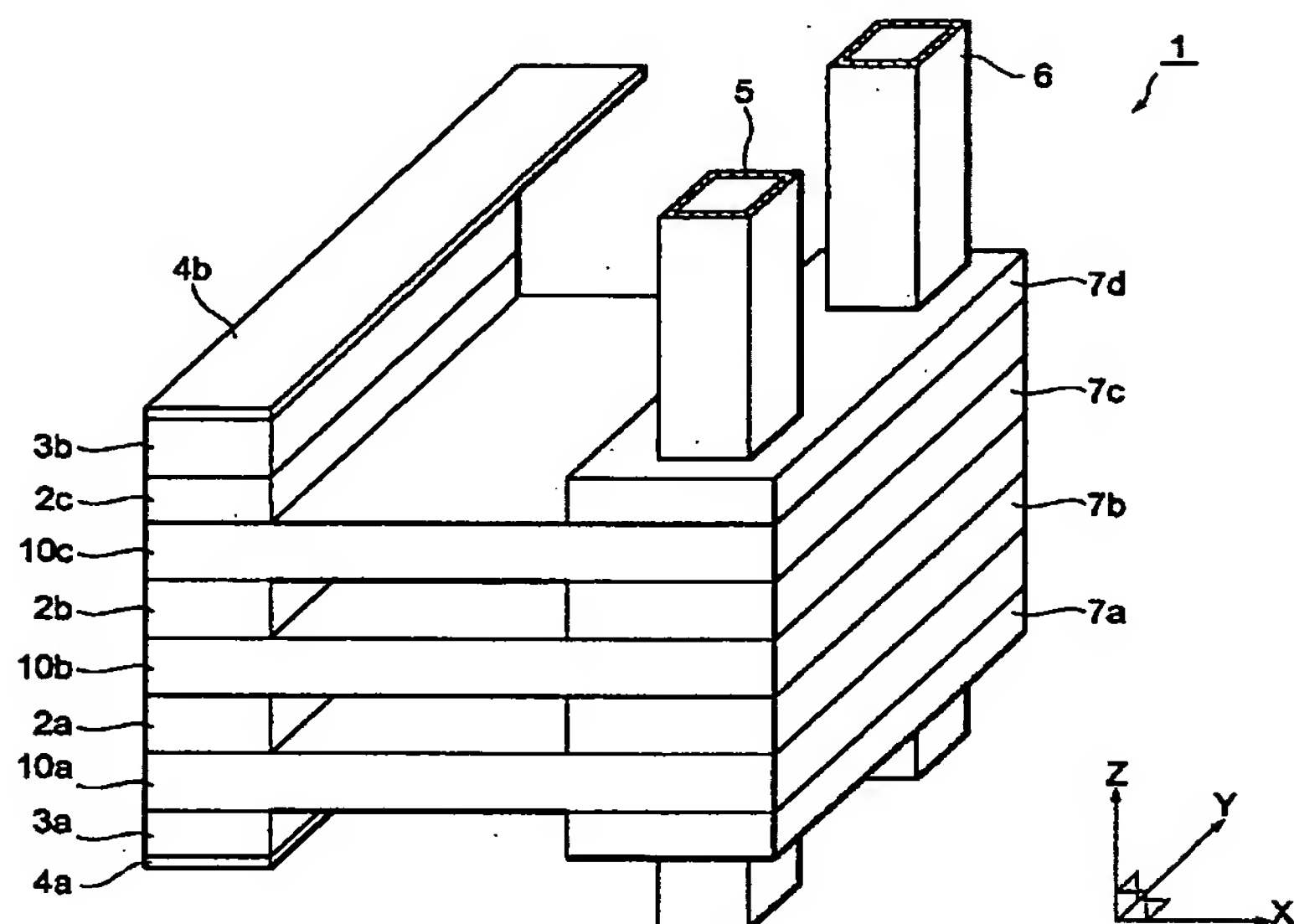
【符号の説明】

1…半導体レーザスタック装置、2a, 2b, 2c…半導体レーザ、3a, 3b…銅板、4a, 4b…リード板、5…供給管、6…排出管、7a, 7b, 7c,

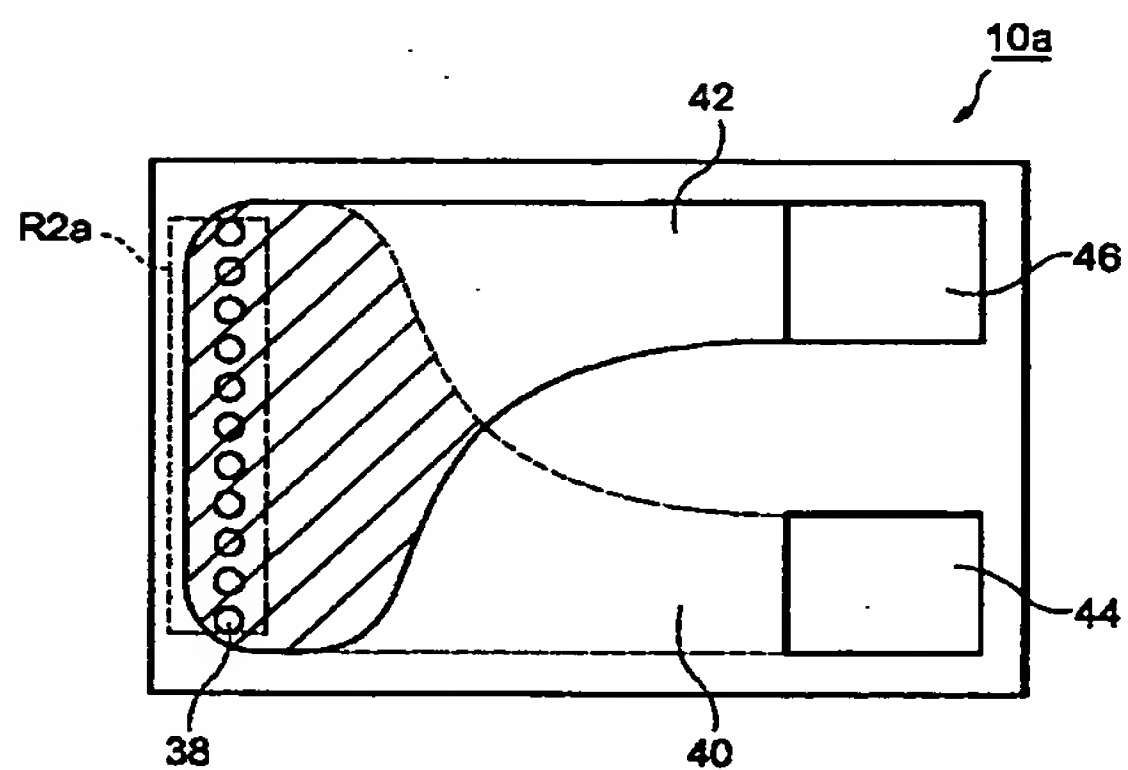
7d...絶縁部材、10a, 10b, 10c, 10A...  
ヒートシンク、12...下側平板部材（第1の平板状部  
材）、14...中間平板部材（仕切り板）、16...上側  
平板部材（第2の平板状部材）、18, 20...貫通  
口、22...流入水路用溝部、22a...隅部、26, 2

8...貫通口、30...流出水路用溝部、30a...隅  
部、34, 36...貫通口、38...導水孔（孔）、40  
...流入水路、42...流出水路、44...流入口、46...  
...流出口、100...第1の層、200...第2の層、3  
00...接触防止層、R2a...半導体レーザ搭載領域。

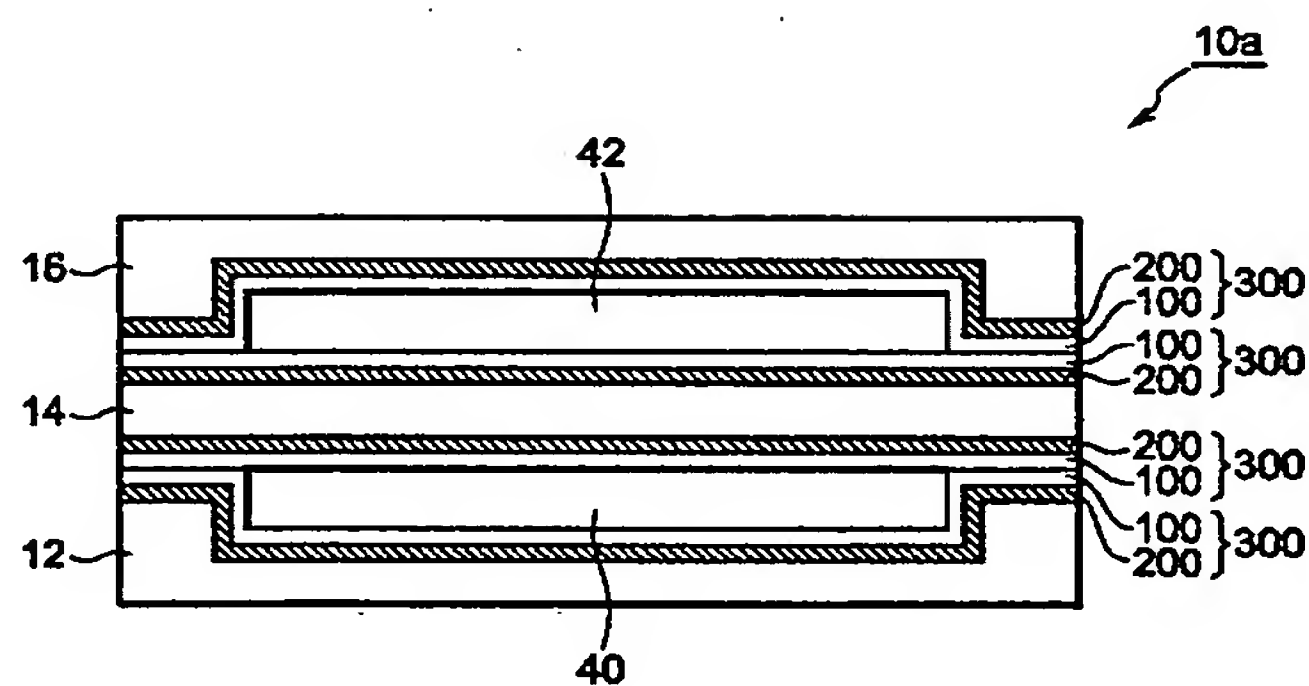
【図1】



【図3】

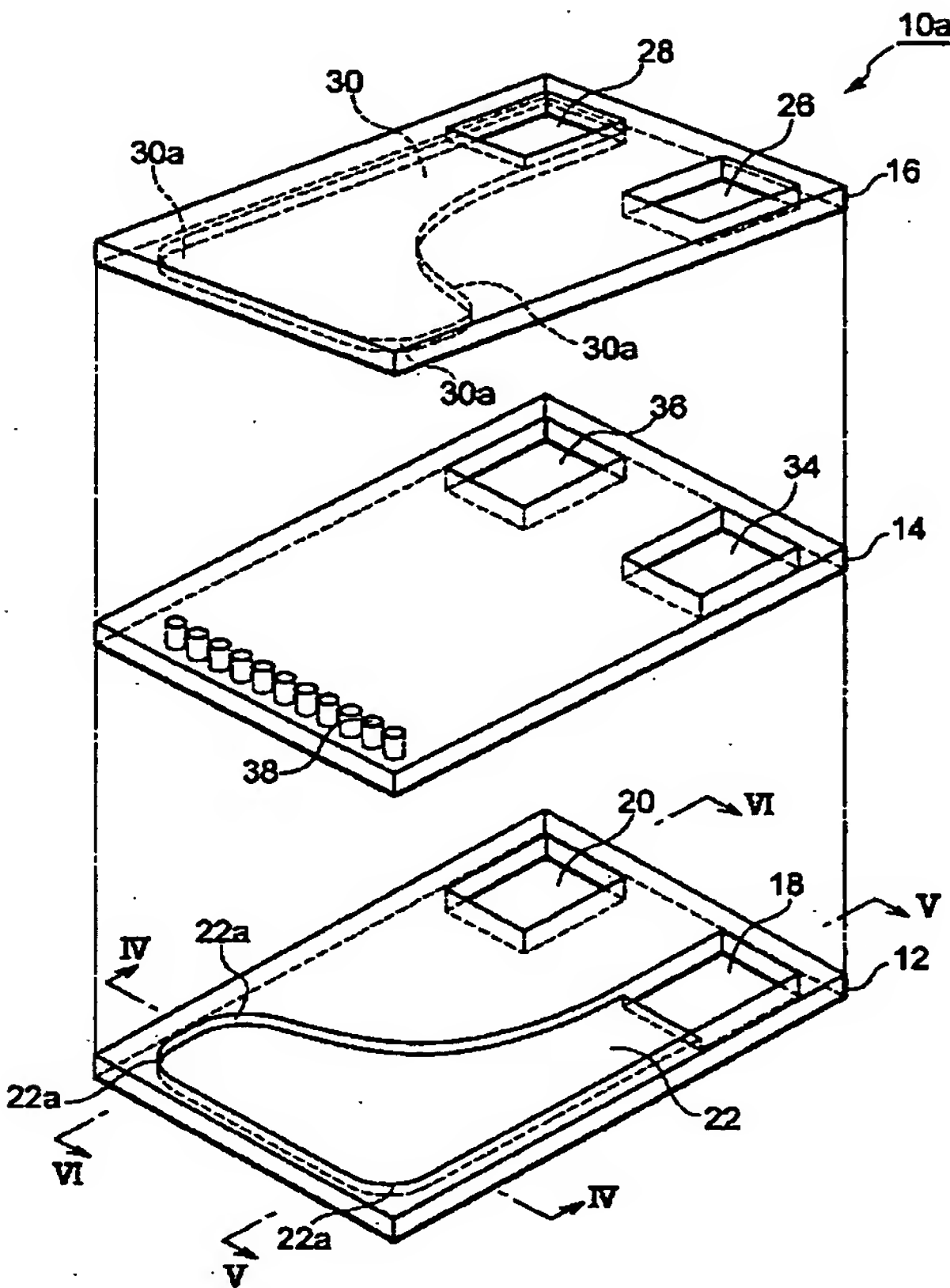


【図4】

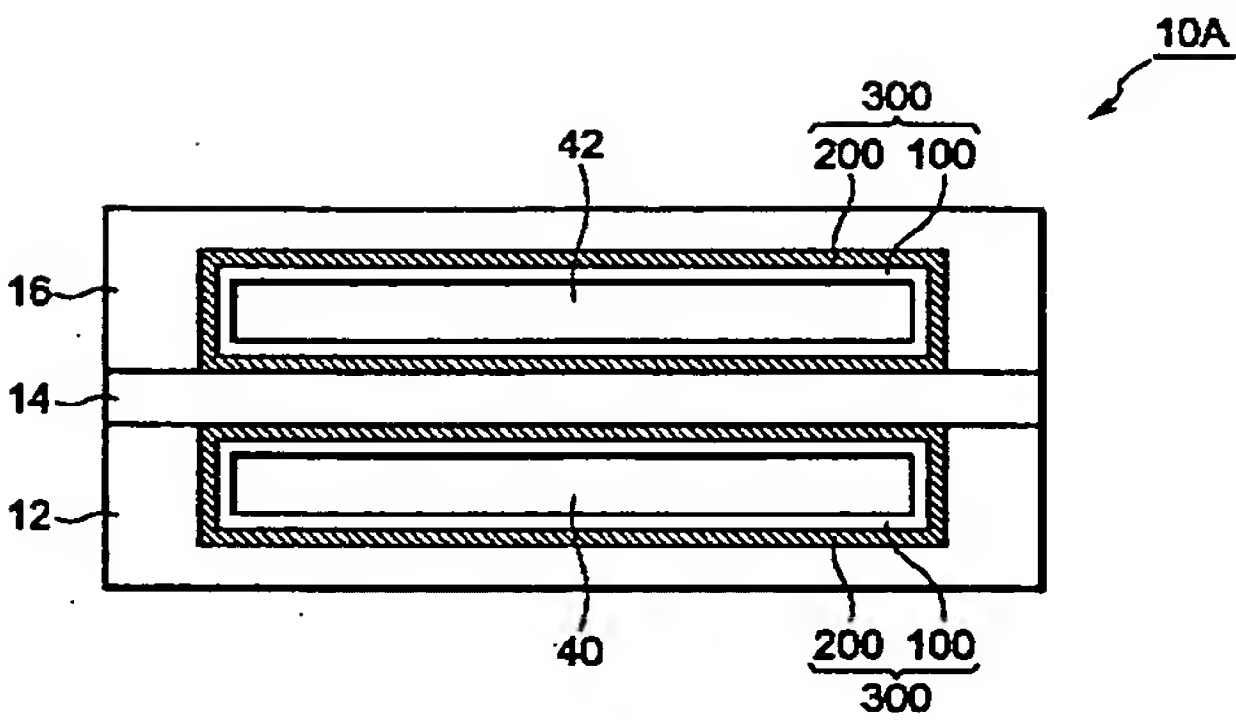




【図2】



【図7】



【図5】

